

論文の要旨

申請者 松川 啓太郎

研究論文題目

Cortical bone trajectory 法による椎弓根スクリューの固定性の検討

1 目的

椎弓根スクリューは、その優れた固定性から脊椎固定術の主役を担っている。その一方で、骨粗鬆症により骨質が低下した症例に対して強固な固定性を得るには未だ課題があり、スクリューの弛みによる骨癒合不全・矯正損失等が臨床上の大きな問題となっている。近年、腰椎椎弓根スクリューの新しい刺入軌道として cortical bone trajectory (CBT)が報告された。スクリューと皮質骨が最大限に接触することで強固な固定性が得られると報告されているが、その生体力学的検討は十分になされていないのが現状である。本研究の目的は、CBT 法により挿入した椎弓根スクリューの固定性を、従来法と比較し詳細に検討することである。

2 対象並びに方法

- (1) 術中のスクリュー挿入トルクを測定することにより、CBT 法による椎弓根スクリューの生体内における固定性を評価した。また、スクリューの刺入位置を術後 CT で詳細に解析することにより、CBT の固定性(挿入トルク)に寄与する因子を検討した。
- (2) 年齢・骨質の異なる 20 例の第 4 腰椎の有限要素モデルを作製し、椎弓根スクリューの刺入軌道による引き抜き強度の違いを評価した。各々の椎体に対して、CBT を含めた 5 種の異なる刺入軌道を設定し、同一形状 ($\phi 5.5 \times 35 \text{mm}$) の椎弓根スクリューを用いて、最も高い固定性の得られる経椎弓根的刺入軌道を調査した。
- (3) 有限要素法を用いて、従来軌道($\phi 6.5 \times 40 \text{mm}$)と CBT($\phi 5.5 \times 35 \text{mm}$)の固定性を比較した。スクリュー単体の固定性の評価として引き抜き強度・多方向荷重に対するスクリューの制動性を調査した。さらに、両側に設置したスクリューによる屈曲・伸展・側屈・回旋負荷に対する椎体の制動性を検討した。

3 結果

- (1) CBT 法により挿入したスクリューの最大挿入トルクは、従来法の約 1.7 倍であり有意差を認めた ($p < 0.01$)。また、重回帰分析の結果、挿入トルクに寄与する独立した因子は、大腿骨頸部骨密度(標準偏回帰係数 $\beta = 0.54$, $p < 0.01$)、椎弓内スクリュー長 ($\beta = 0.18$, $p = 0.03$)、頭側角 ($\beta = 0.14$, $p = 0.04$) であった。

(2) 5種の刺入軌道の中でCBTは引き抜き強度が最も高く、従来軌道よりも平均34.7%高かった($p < 0.01$)。

(3) CBTは従来軌道と比較して、引き抜き強度は平均26.4%高く($p < 0.01$)、スクリューの制動性は、頭尾側方向の負荷に対し平均27.8%($p < 0.01$)、内外側方向に対し平均140.2%高かった($p < 0.01$)。また、椎体制動性は、CBTは従来軌道に比べ、屈曲は51%($p < 0.01$)、伸展は35%($p < 0.01$)高かった一方で、側屈は19.6%($p = 0.04$)、回旋は37.3%($p < 0.01$)低かった。

4 考 察

スクリューの挿入トルクと引き抜き強度の強い相関が報告されているが、本研究では術中のスクリュー挿入トルクを測定することにより、生体内におけるCBTの良好な固定性が確認された。さらに、その固定性は、主にスクリュー刺入部から椎弓根部までの椎弓部で得られていることが示唆された。良好な固定性を得るためには、軌道の頭側角を大きくするとともに、椎弓部をより長く通過する軌道の選択が重要と考えられた。

有限要素法を用いた検討では、同一椎弓根に対し同一形状のスクリューを設置することにより、刺入軌道による引き抜き強度の違いが明らかとなった。スクリューの引き抜き強度には、椎体内の骨密度の分布が大きく関与しており、CBTは、皮質骨の豊富な椎弓と最大限に接触し、且つスクリュー先端が骨密度の高い椎体終板近位と接触することにより、高い固定性を発揮していると考えられた。その一方で、CBTによる椎体の制動性は、屈曲・伸展負荷に対して優れ、側屈・回旋負荷に対して劣る傾向を認めたが、CBTのスクリュー長が短いこと及び椎体矢状面に対してスクリューヘッドが近いことに起因すると考えられた。

5 結 論

1. CBT法により挿入した椎弓根スクリューは、従来軌道により挿入したスクリューの約1.7倍の挿入トルクであった。
2. CBTの固定性に寄与する因子は、骨密度、椎弓内のスクリュー長、軌道の頭側角であった。
3. 有限要素法を用いた検討では、CBTの引き抜き強度は経椎弓根的なスクリューの刺入軌道の中で、最も高かった。
4. 有限要素法を用いた検討では、CBTは従来軌道と比較して、スクリュー単体の固定性及び椎体の屈曲・伸展制動性は高かったが、椎体の側屈・回旋制動性は低かった。